



UNION OF THE  
SOVIET SOCIALIST  
REPUBLICS

USSR STATE COMMITTEE ON INVENTIONS  
AND DISCOVERIES

(19) **SU<sup>(11)</sup> 1301644**

(51) B 23 Q 15/00

## **SPECIFICATION OF INVENTION TO INVENTOR'S CERTIFICATE**

---

(21) 3850614/31-08

(22) 04.02.85

(46) 04.04.87, Bul. No. 13

(71) Kramatorsky Industroalny Institut

### **(54) A CENTERING MACHINE**

#### **Abstract**

(57) The invention relates to machining metal objects, particularly to centering machines for large shafts in flexible automatic systems of production as well as for individual production in heavy engineering industry.

The objective of the invention is to widen machine's capabilities. A centering machine comprises adjustable supports arranged on a base and centering heads with work tools configured to be positioned, an additional sliding carriage with a sensitive element touching the surface of a blank, and a system of microprocessor control.

The system of microprocessor control comprises a microprocessor configured for selecting optimal technological and economic process of machining and correcting by shaping. The sensitive element arranged at a rotating part of the carriage moving along the base is a displacement sensor with a contact element connected to the sensor shaft with a lever. The sensitive element registering geometrical parameters of the blank surface at the same time has a function of visual indication of some special points of the blank surface, for example the lowest and the highest points. For these purposes it is capable of continuous motion and halts at the special points calculated by the microprocessor and initiated by the contact element of the sensor. The lever of the contact element is connected to a drive, for example

an electromagnet for moving the contact element to the blank surface or removing in to a fixed stop. 3 dependent claims, 7 drawings.

## **Description of the invention**

The invention relates to machining metal objects, particularly to centering machines for large forged shafts in flexible automatic systems of production as well as for individual production in heavy engineering industry.

The objective of the invention is to widen machine capabilities, to provide automation of visual indication of blank defect points and to decrease machining working time. Technological process of machining can be divided into a few levels. The first level is the lowest one identical to a process using known machines. In this variant a blank can be centered after being arranged on adjusted supports; in such case centering is defined by the geometry of then shaft ends on the supports not taking into account the geometry of the other parts of the surface. The second level is higher, it includes possibility of orientation of blank center axes in space relative to its surface taking into account the geometry of the other parts of the surface. It is achieved due space orientation of the centering heads and additional carriage having the sensitive element arranged on the base interconnected in the system of microprocessor control configured for selecting an optimal process of further machining, and also due to the sensitive element placed on the rotating part of the carriage moving along the base and comprising a motion transducer with a contact element connected by a lever with its axis and detecting geometrical parameters of the blank.

The features indicated above provide for real blank surface geometry data accumulating in the microprocessor memory and their processing by the microprocessor calculating according to a predetermined program such space position of the blank center axis (and values of centering heads positioning corresponding to this position) that complies with possible uniform distribution of allowance for further machining.

With the help of the microprocessor control system required positioning and centering are achieved. Technological machine's capabilities of the second level are realized automatically when the blank has no defects (hogging, depression) that should be repaired by leveling or weld deposition and when microprocessor technical and economical calculations show that use of above repairs is not justified economically. Processing at the second level decreases labour-output ratio of further machining due to optimal distribution

of the allowance and cost of repairs.

The third level comprises developing an automatic machining program by the microprocessor for the blank on the basis of its real surface geometry saved in memory thereby decreasing labour-output ratio due to cutting the time of "machining air" and completely automatic further machining. The third level is used automatically after the second level in cases when further machining is on a numerical control machine.

The fourth level includes preparing journals for support holders to place the blank on the machine using adjustable movable supports and continuously moving and rotating part of the carriage.

The fifth level includes visual indication of special (the highest and lowest) points of the blank surface. It is provided by the motion transducer which in addition to the features mentioned above of being provided with the contact element connected by the lever with the shaft also has a function of visual indication of the special points stopping at special points calculated by the microprocessor; and the contact element lever is connected to the drive through an electromagnet. The fifth level is applied in cases when obtaining a proper finished article is not possible without weld deposition and/or leveling and also when it is technologically and economically advisable to repair the blank before machining (for even distribution of allowance and decreasing machining time).

In such case the features preceding the fifth level are realized after blank repair. The repair, for example, by weld depositing can be done without removing the blank from the machine or at some other place.

Fig. 1 represent the diagram of the claimed machine;

Fig. 2 shows assembly 1 in Fig. 1 in connection with other elements of the machine of Fig. 1;

Fig. 3 shows cross section along line A-A of Fir. 1;

Fig. 4 is view B in Fig. 3;

Fig. 5 shows cross section along line B-B of Fir. 1;

Fig. 6 represents the diagram of allowance distribution of a blank requiring to be repaired by weld depositing;

Fig. 7 represents the diagram of allowance distribution of a blank with hogging requiring to be repaired by leveling;

The machine comprises a machine stand 1 with central heads 2 and work tools 3. Central heads 2 can move along the stand for adjusting the machine for processing blanks of different sizes. They are movable along two axes in the plane perpendicular to stand 1. Work tools 3 can be quickly advanced and fed for cutting.

Adjustable supports 4 that can be moved along for mounting a blank are placed on the stand. Mounting units 6 serve for fixing the blank.

Carriage 7 movable in longitudinal direction with rotatable part 8 of a ring shape located in an inner cavity of the carriage body is arranged on the stand. Part 8 comprises a sensor 9 of angular motion (further sensor 9 for short). Ring 8 rotation and carriage 7 linear motion are interconnected kinematically (not shown in the figures) and can be controlled. There is a row of evenly distributed openings 10 and one opening 11 along the circumference of ring 8, and in the body of carriage 7 there are light sources 12 with opposite photodetectors 13 and 14 arranged so that in rotation of ring 8 a light beam from light sources 12 through openings 10 and 11 falls on photodetectors 13 and 14. Signals of photodetector 13 are used for detecting a rotation angle of ring 8 with sensor 9, and signals of photodetector 14 (when it is first lit through opening 11) are used for registering the moment of starting counting signals of photodetector 13 and controlling carriage 7 motion.

Sensor 9 body is firmly joined to ring 8. A contact element 15 touching the surface of blank 5 and at the same time functionally used for visual indication of special points on blank 5 (the highest and the lowest) is connected to sensor 9 shaft through a lever. A spring 16 presses element 15 against the blank 5 surface, and an electromagnet 17 returns it in the initial position, spring 16 and electromagnet 17 are connected to the lever of contact element 15.

The initial position of contact element 15 is defined (limited) by a fixed stop 18 at a maximum distance from rotation axis O-O of ring 3; the value of this distance  $R_{\max}$  defines the size of work space for accommodating blanks 5 and serves as reference value for calculating values of radius  $R$  characterizing position of points on blank 5 surface in relation to ring 8 axis O-O.

In the claimed structure linear movements of contact element 15 (initiating turn of sensor 9 shaft) are transformed in sensor 9 into corresponding electric signals adjusted for reverse counting. Sensor 9 can be a displacement sensor based on photoelectric, induction or other concept of electric signal generation.

Sensor 9 output is connected through leads 19 on ring 8 and a current collector 20 attached to the carriage 7 to data processing unit 21 providing reverse counting, coding and sending

signals received from sensor 9 to the input of a microprocessor 22. Unit 21 is also connected to photodetectors 13 and 14.

The output of a microprocessor 22 is connected to central heads 2 and carriage 7 through a control unit 23 for controlling work movements of operating devices including movements of centering heads 2.

For manual control of the movements (when the machine is used under conditions of non-automatic production) microprocessor 22 is provided with a display 24 for indicating said positioning and output of data required for the fourth and fifth levels of machine operations. Microprocessor 22 is configured (programmed) for selecting an optimal processing for the next (after centering or before centering if a blank needs to be repaired) treatment of the blank. For example, minimum total cost of further treatment may be chosen as a criterion of optimizing, the total cost including rough machining cost, repairing by weld depositing or leveling and taking into account accompanying transportation cost, etc.

The microprocessor receives data on real geometry of a blank from sensor 9 and unit 21, and data of the finished model from the central server of the automatic system or from any source of information to be used with the machine independent of an automatic system (not shown), and data for calculating parameters of further processing.

For generating commands unit 23 is also connected to photoreceiver 14 sending the signal for carriage 7 to start moving, to end switch 25 sending signal to stop forward movement of carriage 7 and rotation of ring 8.

End switch 25 is connected to microprocessor 22 through unit 23 for generating commands to stop recording data from sensor 9 and start the program saved in microprocessor 22.

For touching blanks with sharp transition from neck to neck the lever connecting contact element 15 with sensor 9 shaft consists of two parts connected to each other by a hinge 26 with spring 27 and end switch 28 connected to control unit 23. Such design allows touching blank surfaces at portions with sharp transition from a small to large neck diameter in the mode of machine operation described below.

For operating at the fourth level, rotating ring 8 is capable of receiving measuring tool units 29 for machining necks of a blank based on support holders of a lathe for further machining the blank. Visual indication of special (the highest and the lowest) points can be provided only with the help of contact elements 15 as described above as well as

automatically.

For automatic visual indication of the special points there are one or more markers mounted on ring 8, for example, spray guns 30 with electric drive connected to the control unit 23. Nozzles 31 of spray guns 30 face blank 5 in radial directions in relation to axis O-O. If there are a few spray guns, they are loaded with paints of different colors. For operating the machine from the third to fifth levels in addition to the output from microprocessor 22 to display 24 it can also be sent to a printing device or a perforator 32 or to a central server of the automatic system.

The machine operates as follows.

At the beginning blank 5 is placed on supports 4 within the working range of contact element 15 (inside an imaginary cylinder of radius  $R_{\max}$ ) and fixed using mounting units 6. Carriage 7 is set in the extreme left position. Contact element 15 is moved by electromagnet 17 to stop 18 at distance  $R_{\max}$  from ring 8 rotation axis O-O. The data about the geometry of a finished product and data for calculating parameters of further processing are loaded in microprocessor 22.

The machine work process consists of three successive steps: a first step is touching (sizing) the surface of the blank and accumulating data of the blank real geometry; a second step comprises processing obtained data and selecting optimum variant for machining by the microprocessor; a third step comprises realization of the operations calculated at the second step. The process of successive implementation of the steps is described below.

When the machine is switched on, electromagnet 17 is switched off, and contact element 15 is brought in contact with the blank 5 surface by spring 16. At the same time sensor 9 shaft is turned and signals generated by sensor 9 (corresponding to the displacement of contact element 15) pass through leads 19 and current collector 20 to unit 21 where they are processed, and ring 8 starts rotating. Contact element 15 is constantly in contact with the blank 5 surface due to spring 16 pressure, and depending on its geometry contact element 15 turns the shaft of sensor 9. Unit 21 counts received signals reversely so that registered algebraic sum of the figures is equivalent to the turn of sensor 9 relative to its initial position (when contact element 15 was deflected to stop 18).

On a signal from photoreceiver 14 at the moment when for the first time opening 11 and light source 12 coincide, simultaneously carriage 7 starts moving along base 1 to the right being kinematically connected to ring 8 rotation causing contact element 15 to move on the surface of blank 5 along a helical curve. The registration of signals from photoreceiver 13 occurs each time when it aligns with the light beam direction from the second light source 12 through each of the openings 10 in rotating ring 8.

For each signal from the photoreceiver the algebraic sum of sensor 9 signals registered by unit 21 and corresponding to current angle  $\alpha$  of sensor 9 shaft turn is sent in encoded form to the input of microprocessor 22 forming an array of data consisting of arranged numbers wherein each number corresponds to an angle of sensor 9 turn, and serial number of each of the numbers corresponds to the position of the point on the blank 5 surface. The position of the first point is defined by the initial positions of photoreceiver 14, opening 11, sensor 9 with contact element 15. Positions of the following points are determined by kinematic relation between the speed of carriage 7 linear motion and the speed of ring 8 rotation, i.e., by the thread pitch and the pitch angle between openings 10 in ring 8.

Touching the blank surface by contact element 15 moving along the helical curve can be continuous. However in case the blank is stepped with steep transition from a smaller to a bigger diameter (about  $90^\circ$ ), a side force acts on contact element 15 which is bigger than the force exerted by the spring and turns the contact element 15 lever around hinge 26 switching on switch 28 connected to unit 23. On command of unit 23 electromagnet 17 returns contact element 15 to stop 18; when next signal from photoreceiver 13 (through unit 21) is received by unit 23, carriage 7 and ring 8 are stopped, electromagnet 17 is switched off, and contact element 15 touches the blank 5 surface under the action of spring 16, sensor 9 shaft turns sending signals to unit 21. After this signal is received, the motion of carriage 7 and ring 8 recommences and continues until the side force acts on contact element 15 again causing halts as described above.

Composing the data array and conducting the first step of the work process come to the end after contact element 15 finishes moving along the whole blank 5 (with predetermined discontinuity), and carriage 7 and ring 8 motion halts on the signal from end switch 25. The same signal starts calculation by microprocessor 22 and beginning of the second step of the machine operation.

As the trajectory of contact element 15 relative motion from stop 18 to the blank 5 surface (an arc with the center on the axis of sensor 9 shaft) deviates from the radial direction to a center on axis O-O (Fig. 3), coordinates of special points on the blank 5 surface should be

calculated with correction of  $\Delta\varphi$  so that the angle position of any point K is  $\varphi_k + \Delta\varphi_k$  where  $\varphi_k$  is a rotation angle of ring 8 determined, indicated above, by serial number of number array saved in the microprocessor 22 memory.

As it is shown in Fig. 3 polar radius  $R$  and correction  $\Delta\varphi$  are in unique dependence on turn angle  $\alpha$  of the sensor 9 shaft, i.e.  $R=f(\alpha)$  and  $\Delta\varphi = f(\alpha)$  (precise mathematical expressions for the functions have been obtained but not given to make it simpler). Transformation of data saved in microprocessor 22 memory (registered by unit 21 according to signals from sensor 9) is their presentation as polar coordinates of the points on the blank 5 surface, i.e. position of any point K is represented by a pair of numbers  $R_k$  and  $\varphi_k + \Delta\varphi_k$ .

Then microprocessor 22 selects an optimum variant of further treatment of the blank. Further machine operations at the second and third steps are described under the assumption that it is possible to repair the blank by weld deposits or leveling. If it is impossible, all operations are not carried out.

Assuming that the weight of removed allowance is constant, it is possible to consider that labor expenditure (cost) of further rough machining is lower when the allowance is evenly distributed on the surface of an article. For achieving such result it is sufficient to position correspondingly the axis of the processed article inside its volume limited by its real surface.

Using data of the real blank surface geometry and geometry of the finished article, microprocessor 22 makes necessary processing according to the program. The calculation can be based on the method of iterations when a sequence of positioning the axis of finished article is checked, and one of them is selected as corresponding to a minimum labor cost of further machining; the geometrical parameters of such positioning are recorded. Remaining non-uniformity of allowance distribution is characterized, for example, by difference between the biggest and the smallest linear values in the highest and lowest points of the blank surface.

Using the methods mentioned above (weld depositing, leveling or a combination of both), it is possible to decrease remaining irregularity of allowance distribution. As shown in Fig. 6 weld deposit in point A and further shifts of the finished article axis in the direction of arrows B may decrease unevenness of allowance distribution along diameter  $D$ . The same result may be achieved by leveling distorted blank at the highest point H (Fig. 7).

Following the program, microprocessor 22 calculates economical practicability of repairing the blank. There may be two variants of the result.



According to the first variant it may happen that the cost of repairing the blank is higher than decrease in labor cost saving due to smaller unevenness in the allowance distribution, i.e. blank repair is not economical.

In such case further operation during the second step performed by microprocessor 22 is calculation of machining the necks (for further processing). The following issues are taken into account.

As well known, machining of large shaft necks is carried out at low cutting mode mainly due to disbalance of the blank in relation to its rotation axis.

It may happen that the machine is capable of machining necks at higher mode though rigidity of such machine is lower than that of a lathe as known to a person skilled in the art. The cost of operation may be lower than for a lathe. In such case microprocessor 22 calculates a number of required cuts, sizes of tool units and other parameters of machining and sends them to the display 24. This is the end of the second step of the operation for a blank that does not require a repair (repair is not economical).

At the third step microprocessor 22 generates a program of further machining the blank on a programmed numerical control lathe and outputs it with the help of a perforator 32 or on any suitable medium, for example on a perforated tape, or sends it to a server of the system. At the same time the values of central head 2 displacements are calculated in relation to earlier fixed position of the finished article axis in the volume of the blank material.

For manual operation these data are displayed. For automatic operation the data are sent to the heads 2 through control unit 23. Blank 5 is centered with work tools 3, then heads 2 return in the initial position when work tools 3 are aligned with the rotation axis O-O of ring 8. Then supports 4 are adjusted so that the centers of blank 5 are aligned (manually or automatically on commands from microprocessor 22 and unit 23 without removing mounting units 6) with the rotation axis O-O of ring 8. Tool units 29 are mounted on ring 8. Ring 8 rotates and carriage 7 starts moving machining shaft necks under manual or automatic control according to the data generated by microprocessor 22 (at the second step).

This ends the third (and the last) step of the machine work operation; blank 5 is removed and transferred together with the program to a lathe for further machining. However a second variant may be obtained from the calculation of economical advisability of blank repairing, when the cost of blank 5 repair is less than the gain due to less labor cost of

machining (as a result of more even distribution of allowance). In such case as well as in all cases when it is not possible to produce finished article because of insufficient allowance corresponding information appears on display 24, and the second step of machine work ends.

In such case at the third step microprocessor 22 calculates the values of required repairs and shows the result on display 24 and through control unit 23 moves carriage 7 with ring 8 for visual indication of blank 5 special places (the lowest and the highest) that require repair stopping carriage 7 and ring 8 and releasing contact element 15 to the blank 5 surface. These places are marked manually.

Automatic visual indication of the points is made by spray guns 30 switched on by unit 23. Paint is sprayed on the blank surface at each of the special points. If a few spray guns are loaded with paints of different colors, different points that require different repairs can be marked with different colors.

After repairs the machine operation repeats through all three steps as described above.



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3850614/31-08  
(22) 04.02.85  
(46) 07.04.87. Бюл. № 13  
(71) Краматорский индустриальный институт  
(72) С. А. Певзнер  
(53) 621.91(088.8)  
(56) Якобсон М. О. Технология станко-строения. М.: Машиностроение, 1960, с. 332, рис. 137.

### (54) ЦЕНТРОВАЛЬНЫЙ СТАНОК

(57) Изобретение касается обработки металлов резанием, в частности технологического оборудования для зацентровки свободнокованных заготовок крупных валов в гибком автоматизированном производстве, и может также применяться в индивидуальном производстве в тяжелом машиностроении. Цель изобретения — расширение технологических возможностей станка. Центровальный станок включает установленные на станине регулируемые опоры и центровальные бабки с рабочими инструментами, выполненные с возможностью координатных перемещений, дополнительно размещенный на станине суппорт, снабженный осязывающим поверхность заготовки чувствительным эле-

ментом, и систему микропроцессорного управления. Последняя содержит микропроцессор, приспособленный для выбора оптимального по технико-экономическим показателям процесса последующей обработки заготовки методами обтачивания и исправления путем направки и правки. Чувствительный элемент, размещенный на вращающемся участке поступательного перемещающегося по станине суппорта и выполненный в виде датчика перемещений, оснащенного связанным с его валом через рычаг контактным элементом, одновременно с осуществлением регистрации геометрических параметров поверхности заготовки функционально предназначен для визуальной индикации особых, например наиболее низких и высоких, точек поверхности заготовки. Для этого он имеет возможность непрерывного пространственного перемещения и прерывистого движения с остановками в вычисленных микропроцессором и индицируемых контактным элементом датчика упомянутых особых точках. Рычаг контактного элемента взаимосвязан с приводом, например электромагнитом, для подвода контактного элемента к поверхности заготовки и отвода к жесткому упору. 3 з.п. ф-лы, 7 ил.

Изобретение относится к обработке металлов резанием, в частности к технологическому оборудованию для зацентровки свободнокончатых заготовок крупных валов в гибком автоматизированном производстве, и может также применяться в индивидуальном производстве в тяжелом машиностроении.

Цель изобретения — расширение технологических возможностей станка, автоматизация визуальной индикации дефектных точек заготовки и сокращение трудоемкости последующего обтачивания заготовки.

Технологические возможности станка можно условно разделить на несколько уровней.

Первый — наиболее низкий уровень совпадает с возможностями известного станка. В этом исполнении заготовка может быть зацентрирована после установки на отрегулированные опоры, когда центрирование заготовки определяется геометрией устанавливаемых на опоры концов вала без учета геометрии остальных участков ее поверхности.

Второй — более высокий уровень включает возможность пространственной ориентации оси центров заготовки относительно ее поверхности с учетом реальной геометрии поверхности. Это обеспечивается благодаря тому, что выполненные с возможностью координатных перемещений центральные бабки и дополнительно размещенный на станине суппорт, снабженный чувствительным элементом, взаимосвязаны с системой микропроцессорного управления, включающей микропроцессор, приспособленный для выбора оптимального процесса последующей обработки методом обтачивания, и благодаря тому, что чувствительный элемент, размещенный на вращающемся участке поступательно перемещающегося по станине суппорта и выполненный в виде датчика перемещений, оснащенного связанным с его валом через рычаг контактным элементом, осуществляет регистрацию геометрических параметров заготовки. Наличие отмеченных признаков обеспечивает накопление в памяти микропроцессора снимаемых с упомянутого датчика данных о реальной геометрии поверхности заготовки, их обработку с помощью микропроцессора, расчет по заданной программе такого пространственного положения оси центров заготовки (и соответствующих этому положению величин координатных перемещений центральных бабок), которое соответствует возможному наиболее равномерному распределению припуска на последующую обточку.

С помощью системы микропроцессорного управления производится обработка требуемых по расчету координатных перемещений и зацентровка заготовки. Технологические возможности второго уровня реализуются автоматически в том случае, когда заготов-

ка не имеет дефектов (коробления, занижений), требующих исправления правкой или наплавкой, а также тогда, когда выполненный микропроцессором технико-экономический расчет покажет, что применение указанных исправлений не оправдано по экономическим соображениям. Возможности второго уровня позволяют сократить трудоемкость последующей обточки за счет оптимального распределения припуска; исключить затраты на исправление.

Третий уровень включает разработку программы автоматизированной обточки заготовки, выполняемую микропроцессором, по данным о реальной геометрии поверхности заготовки, содержащейся в его памяти, что позволяет сократить трудоемкость обточки за счет уменьшения времени «точения воздуха» и полностью автоматизировать процесс последующей обработки заготовки. Возможность третьего уровня реализуется автоматически после реализации возможностей второго уровня в тех случаях, когда дальнейшая обработка заготовки планируется на станках с числовым программным управлением.

Четвертый уровень включает возможность подготовки шеек под люнеты для установки заготовки на токарный станок, что обеспечивается благодаря регулировочно-подвижным опорам и снабженному непрерывным перемещением вращающемуся участку суппорта.

Пятый уровень включает возможность визуальной индикации особых (наивысших и наинизших) точек поверхности заготовки. Указанная возможность обеспечивается благодаря тому, что в сочетании с ранее отмеченными признаками датчик перемещений, оснащенный связанным с его валом через рычаг контактным элементом, одновременно функционально предназначен для визуальной индикации особых точек, снабжен возможностью остановки в вычисленных микропроцессором особых точках, и рычаг контактного элемента взаимосвязан с приводом в виде электромагнита. Возможности пятого уровня реализуются в тех случаях, когда выход годной детали невозможен без исправления заготовки путем наплавки и (или) правки, а также если по технико-экономическим соображениям целесообразно (для равномерного распределения припуска и сокращения трудоемкости обточки) перед обточкой осуществлять исправление заготовки. В последнем случае возможности, предшествующие пятому уровню, реализуются после исправления заготовки; при этом исправление заготовки, например наплавкой, может производиться без съема детали со станка или на другом рабочем месте.

На фиг. 1 представлена принципиальная схема предлагаемого станка; на фиг. 2 — узел 1 на фиг. 1 во взаимосвязи с эле-

ментами станка на фиг. 1; на фиг. 3 — разрез А—А на фиг. 1; на фиг. 4 — вид В на фиг. 3; на фиг. 5 — разрез В—В на фиг. 1; на фиг. 6 — схема распределения припуска на заготовке, требующей исправления путем наплавки; на фиг. 7 — схема распределения припуска на коробленной заготовке, требующей исправления путем правки.

Станок включает станину 1 с центральными бабками 2 и рабочими инструментами 3. Центральные бабки 2 могут перемещаться вдоль станины для настройки на обработку различных по длине заготовок и снабжены возможностью координатных перемещений по двум осям в плоскости, перпендикулярной к оси станины. 1. Рабочие инструменты 3 имеют возможность быстрого подвода и рабочей подачи.

На станине 1 размещены настроечно-перемещаемые по ее длине регулируемые опоры 4, предназначенные для установки обрабатываемой заготовки 5; для закрепления заготовки 5 предусмотрены блоки 6 крепления.

На станине 1 установлен с возможностью продольного перемещения суппорт 7 с размещенным в кольцеобразной внутренней полости его корпуса вращающимся участком в виде кольца 8, несущего связанный с ним чувствительный элемент, включающий датчик 9 угловых перемещений (далее для краткости именуемый датчик 9). Вращательное движение кольца 8 и поступательное перемещение суппорта 7 находятся в кинематической взаимосвязи (не показана), которая может выполняться регулируемой.

По периферии кольца 8 размещен ряд равномерно расположенных по окружности отверстий 10 и одно отверстие 11, а в корпусе суппорта 7 установлены источники 12 света и оппозитно к ним — фотоприемники 13 и 14 так, что при вращении кольца 8 свет от источников 12 света через отверстия 10 и 11 может попадать на фотоприемники 13 и 14; сигналы от фотоприемника 13 предназначены для отсчета углов поворота кольца 8 с датчиком 9, а от фотоприемника 14 (при его первом освещении через отверстие 11) — для регистрации момента начала отсчетов сигналов с фотоприемника 13 и управления движения суппорта 7.

Корпус датчика 9 жестко связан с кольцом 8. С валом датчика 9 через рычаг скреплен контактный элемент 15, осязающий поверхность заготовки 5 и одновременно функционально предназначенный для визуальной индикации особых точек заготовки 5 (наивысших и наинизших). Для прижима контактного элемента 15 к поверхности заготовки 5 предусмотрена пружина 16, для отвода в исходное положение — электромагнит 17, связанные с рычагом контактного элемента 15.

Исходное положение контактного элемента 15 определяется (ограниченно) жестким упором 18 и соответствует его максимальному удалению от оси вращения О—О кольца 3; величина этого удаления, равная  $R_{\max}$ , определяет габариты используемого для установки заготовок 5 рабочего пространства и является исходной для расчета текущих фактических значений величин  $R$  радиусов, характеризующих положение точек поверхности заготовок 5 относительно оси вращения О—О кольца 8.

В предлагаемой конструкции линейные перемещения контактного элемента 15 (вызывающие поворот вала датчика 9), в датчике 9 преобразуются в эквивалентные электрические сигналы, приспособленные для их реверсивного счета. В качестве датчика 9 может быть применена конструкция датчика перемещений, основанная, например, на фотоэлектрическом, индуктивном и др. принципах генерирования электрических сигналов.

Выход датчика 9 электрически соединен с размещенными в кольце 8 токопроводами 19 и через скрепленный с суппортом 7 токоприемник 20 постоянно связан с блоком 21 подготовки данных, обеспечивающим реверсивный счет, кодирование и передачу сигналов, снимаемых с датчика 9, на вход микропроцессора 22. Блок 21 связан также с фотоприемниками 13 и 14.

Выход микропроцессора 22 соединен с центральными бабками 2 и суппортом 7 через блок 23 управления, предназначенный для управления рабочими движениями из исполнительных органов, в том числе координатными перемещениями центральных бабок 2.

Для ручного управления этими движениями (в случае использования станка в условиях неавтоматизированного производства) микропроцессор 22 снабжен дисплеем 24, предназначенным для индикации величин упомянутых координатных перемещений, а также для вывода данных, необходимых для реализации четвертого и пятого уравнений возможностей станка. Микропроцессор 22 приспособлен (снабжен программой) для выбора оптимального процесса последующей (после зацентровки или до зацентровки, если заготовка нуждается в предварительном исправлении) обработки заготовки. В качестве критерия оптимизации принята, например, минимальная суммарная себестоимость обработки заготовки, включающая затраты на черновое обтачивание, возможное исправление наплавкой или правкой с учетом связанных с последним транспортных расходов и т. п.

В качестве исходных микропроцессор использует вводимые в него данные о реальной геометрии заготовки — от датчика 9 и блока 21, и данные о геометрии готовой детали — от центральной ЦВМ

автоматизированного комплекса или с любого подходящего носителя информации при работе предлагаемого станка вне взаимосвязи с автоматизированным комплексом (не показаны), а также данные для расчета параметров последующей обработки заготовки.

Для выработки управляющих команд блок 23 дополнительно связан с фотоприемником 14, подающим сигнал на начало поступательного перемещения суппорта 7, и с конечным выключателем 25, вырабатывающим сигнал на остановку поступательного перемещения суппорта 7 и вращательного движения кольца 8.

Связь конечного выключателя 25 с микропроцессором 22 через блок 23 предусмотрена для выработки команды на окончание записи данных, снимаемых с датчика 9, и начало выполнения заложенной в микропроцессор 22 программы.

Для ощупывания заготовок ступенчатых валов с крутым переходом от шейки к шейке рычаг, связывающий контактный элемент 15 с валом датчика 9, выполнен из двух частей, соединенных шарниром 26, подпружинен пружиной 27 и снабжен конечным выключателем 28, связанным с блоком 23 управления. Это позволяет производить ощупывание поверхностей заготовок на участках с крутым переходом с меньшего на больший диаметр шейки с использованием режима работы, описанного в разделе описания работы станка.

Для реализации возможностей станка четвертого уровня вращающееся кольцо 8 приспособлено под размещение на нем мерных инструментальных блоков 29, предназначенных для осуществления обточки шеек заготовки, базирующихся на люнеты токарного станка при последующей обточке заготовки.

На станке визуальная индикация особых (наивысших и наинизших) точек заготовки может производиться не только с помощью контактных элементов 15, как описано выше, но и автоматически.

Для автоматической визуальной индикации особых точек в кольце 8 смонтированы один или несколько отметчиков, выполненных, например, в виде краскопультов 30 с электроприводом, соединенным с блоком 23 управления. Сопла 31 краскопультов направлены в сторону заготовки 5 в радиальном направлении относительно оси О—О. При наличии нескольких краскопультов они заряжены красителями разных цветов.

Для реализации возможностей станка с третьего по пятый уровень, кроме вывода информации с микропроцессора 22 на дисплей 24 может быть предусмотрен вывод на печатающее устройство или перфоратор 32 или связь с центральной ЦВМ автоматизированного комплекса.

Работа станка заключается в следующем.

В исходном положении заготовка 5 установлена на опоры 4 в пределах рабочего пространства контактного элемента 15 (внутри воображаемого цилиндра с радиусом  $R_{\text{макс}}$ ) и закреплена с помощью блоков 6 крепления. Суппорт 7 установлен в крайнее левое положение. Контактный элемент 15 отведен с помощью электромагнита 17 к упору 18 на расстоянии  $R_{\text{макс}}$  от оси О—О вращения кольца 8. В микропроцессор 22 введены данные о геометрии готовой детали, исходные данные для расчета параметров последующей обработки и программа вычислений.

Работа станка состоит из трех последовательно выполняемых этапов: на первом этапе производится ощупывание (обмер) поверхности заготовки и накопление данных о реальной геометрии поверхности заготовки; на втором — микропроцессор осуществляет преобразование полученных данных, производит необходимые вычисления и выбор оптимального варианта процесса обработки; на третьем этапе производится реализация результатов расчета, сделанного во втором этапе. Ниже приведено описание процесса последовательного выполнения указанных этапов.

При включении станка отключается электромагнит 17 и контактный элемент 15 с помощью пружины 16 входит в соприкосновение с поверхностью заготовки 5; при этом одновременно поворачивается вал датчика 9, а генерируемые датчиком 9 сигналы (эквивалентные величине перемещения контактного элемента 15) через токопроводы 19 и токоприемник 20 поступают в блок 21, где осуществляется их счет; включается вращение кольца 8. Контактный элемент 15, постоянно прижимаемый пружиной 16 к поверхности заготовки 5, производит ее ощупывание и в зависимости от ее геометрии поворачивает вал датчика 9, а блок 21 производит реверсивный счет сигналов так, что регистрируемая блоком 21 алгебраическая сумма чисел поступивших сигналов эквивалентна углу поворота вала датчика 9 относительно его исходного положения (когда контактный элемент 15 был отведен к упору 18).

По сигналу фотоприемника 14, снимаемому в момент первого совмещения отверстия 11 с источником 12 света, одновременно включается поступательное перемещение суппорта 7 по станине 1 вправо, кинематически связанное с вращением кольца 8, что приводит к перемещению контактного элемента 15 по поверхности заготовки 5 по винтовой линии; начинается регистрация сигналов от фотоприемника 13 в моменты его каждого совмещения с направлением светового луча от второго источника 12 света через каждое из отверстий 10 вращающегося кольца 8.

По каждому из сигналов фотоприемника зарегистрированная блоком 21 алгебраическая сумма сигналов датчика 9, эквивалентная текущему углу  $\alpha$  поворота вала датчика 9, в закодированном виде подается на вход микропроцессора 22, образуя в его запоминающем устройстве массив данных в виде упорядоченной совокупности чисел, где каждое число соответствует углу поворота датчика 9, а порядковый номер каждого из этих чисел определяет положение соответствующей ему точки поверхности заготовки 5. Положение первой точки определяется конструктивным размещением фотоприемника 14, отверстия 11, датчика 9 с контактным элементом 15; положение последующих точек определяется кинематическим соотношением скорости поступательного перемещения суппорта 7 и вращательного движения кольца 8, т. е. шагом упомянутой винтовой линии, и угловым шагом между отверстиями 10 в кольце 8.

Ощупывание поверхности заготовки при движении контактного элемента 15 по винтовой линии может осуществляться непрерывно. Однако в случае ступенчатой заготовки с крутым (около  $90^\circ$ ) переходом от меньшего к большему диаметру, при встрече с таким переходом, на контактный элемент 15 воздействует боковая сила, которая, пересилив пружину 27, поворачивает рычаг контактного элемента 15 вокруг шарнира 26 и, тем самым, включает выключатель 28, связанный с блоком 23. По команде блока 23 электромагнит 17 отводит контактный элемент 15 упору 18; в момент поступления в блок 23 очередного сигнала от фотоприемника 13 (через блок 21) движение суппорта 7 и кольца 8 останавливается, электромагнит 17 выключается, контактный элемент 15 под действием пружины 16 касается поверхности заготовки 5, вал датчика 9 поворачивается, посылая сигналы в блок 21. После регистрации этого сигнала движение суппорта 7 и кольца 8 возобновляется и происходит без остановки до тех пор, пока на контактный элемент 15 вновь не воздействует боковая сила, что приведет к переходу на режим движения с остановками, как это описано выше.

Формирование массива данных и выполнение первого этапа работы станка заканчивается после обхода контактным элементом 15 всей поверхности заготовки 5 (с заданной дискретностью) и остановки движения суппорта 7 и кольца 8 по сигналу, снимаемому с конечного выключателя 25; по тому же сигналу микропроцессор 22 начинает выполнение программы вычислений — начинается второй этап работы станка.

В связи с тем, что траектория относительного перемещения контактного элемента 15 от упора 18 к поверхности заготовки 5 (дуга окружности с центром на оси вала датчика 9) отклоняется от радиаль-

ного направления к центру на оси О—О (фиг. 3), координаты точек поверхности заготовки 5 должны рассчитываться с учетом поправки на угол, равный величине  $\Delta\varphi$ , так, что угловое положение любой точки К равно  $\varphi_k + \Delta\varphi_k$ , где  $\varphi_k$  — угол поворота кольца 8, определяемый, как указано выше, порядковым номером числа в совокупности данных, занесенных в память микропроцессора 22.

Как видно из фиг. 3, полярный радиус  $R$  и поправка  $\Delta\varphi$  находятся в однозначной зависимости от угла  $\alpha$  поворота вала датчика 9, т. е.  $R=f(\alpha)$  и  $\Delta\varphi=f(\alpha)$  (для этих функций получены точные математические выражения, которые для упрощения не приводятся).

Преобразование записанных в памяти микропроцессора 22 данных (зарегистрированных блоком 21 по сигналам датчика 9) заключается в их представлении в виде полярных координат точек поверхности заготовки 5, т. е. положение любой точки К описывается парой чисел  $R_k$  и  $\varphi_k + \Delta\varphi_k$ .

Затем микропроцессор 22 производит выбор оптимального варианта последующей обработки заготовки. Дальнейшая работа станка по выполнению второго и третьего этапов описана, исходя из предположения, что по техническим условиям изготовления вала допускается исправление заготовки методами наплавки и правки; при их не допустимости все операции, связанные с их осуществлением, не выполняются.

Полагая постоянной массу снимаемого с заготовки припуска, можно считать, что трудоемкость (себестоимость) последующей черновой обточки вала тем ниже, чем равномернее распределен припуск по поверхности готовой детали. Для достижения такого результата достаточно соответствующим образом расположить ось готовой детали внутри объема заготовки, ограниченного ее реальной поверхностью.

Располагая данными о реальной геометрии поверхности заготовки и геометрии готовой детали, микропроцессор 22 производит необходимый расчет по заданной программе. Идея расчета может сводиться к тому, что, например, методом итераций последовательно проверяется ряд пространственных положений оси готовой детали и из них выбирается такое, которое соответствует минимальной трудоемкости последующей обточки; геометрические параметры этого положения фиксируются. При этом остаточная неравномерность распределения припуска характеризуется, например, разностью между наибольшей и наименьшей линейными величинами припусков в наивысших и наинизших точках поверхности заготовки.

Применяя упомянутые методы (наплавку, правку или одновременно оба) можно добиться уменьшения остаточной неравномерности распределения припуска. Как показано на фиг. 6, за счет наплавки металла в точ-



ке А и последующей подвижки оси готовой детали в направлении стрелок В, можно уменьшить неравномерность распределения припуска по диаметру  $D$ . Или можно добиться того же результата за счет правки покоробленной заготовки с высшей точкой Н (фиг. 7).

По заданной программе микропроцессор 22 производит расчет экономической целесообразности исправления заготовки. Возможны два варианта полученных по этому расчету результатов.

По первому варианту может оказаться, что затраты на исправления заготовки не перекрываются выгодой от снижения трудоемкости обточки, полученной от уменьшения неравномерности распределения припуска, т. е. исправление заготовки экономически нецелесообразно.

В этом случае, продолжая второй этап работы станка, микропроцессор 22 решает задачу обоснования целесообразности обточки шеек под люнеты (для последующей токарной обработки) на предлагаемом станке. Здесь в основу расчета закладываются следующие соображения.

Как известно, обточка шеек крупных валков под люнеты производится на токарном станке на низких режимах резания, что обусловлено, в частности, наличием дисбаланса массы заготовки относительно оси ее вращения.

Может оказаться, что при неподвижной заготовке, предлагаемый станок будет способен допустить более высокие режимы обработки шеек, хотя жесткость предлагаемого станка при прочих равных условиях ниже жесткости токарного станка, по понятным для специалиста соображениям. В этом случае и себестоимость обработки шеек может оказаться ниже, чем на токарном станке; тогда микропроцессор 22 рассчитывает число необходимых проходов, другие параметры режимов резания, размеры инструментальных блоков 29 и выводит необходимую информацию на дисплей 24. Этим завершается выполнение второго этапа работы станка для варианта с заготовкой, не требующей исправления (исправление экономически нецелесообразно).

На третьем этапе работы микропроцессор 22 рассчитывает программу последующей обточки заготовки на токарном станке с числовым программным управлением и выдает ее с помощью перфоратора 32 на любом подходящем носителе, например на перфоленте, или передает по каналам связи на центральную ЭВМ комплекса. Одновременно вычисляются величины координатных перемещений центровальных бабок 2, соответствующие фиксированному ранее положению оси готовой детали в объеме материала заготовки.

Для ручного управления эти данные могут быть выведены на дисплей 24. Для авто-

матического воспроизведения данные обрабатываются бабками 2 с помощью блока 23 управления; производится зацентровка заготовки 5 рабочими инструментами 3, после чего бабки 2 возвращаются в исходное положение, когда рабочие инструменты 3 совмещены с осью вращения  $O-O$  кольца 8. Далее регулируются опоры 4 так, чтобы центры заготовки 5 совместились (вручную или автоматически под управлением микропроцессора 22 и блока 23 без раскрепления блоков 6 креплений) с осью  $O-O$  вращения кольца 8. На кольцо 8 устанавливаются инструментальные блоки 29. Кольцу 8 придается главное вращательное движение, суппорту 7 — поступательное движение подачи, и осуществляется обработка шеек под люнеты с ручным или автоматическим управлением по ранее рассчитанным (во втором этапе работы) микропроцессором 22 данным. Этим завершается третий — последний этап работы станка; заготовка 5 снимается и вместе с программой обточки передается на последующую обработку на токарный станок.

Однако при расчете экономической целесообразности исправления заготовки может быть получен второй вариант результата, когда затраты на исправление заготовки 5 будут перекрываться выгодой, получаемой за счет сокращения трудоемкости обточки (в результате более равномерного распределения припуска). В этом случае, а также во всех случаях, когда без исправления заготовки 5 вообще нельзя получить годную деталь из-за недостаточного припуска в отдельных точках или большого коробления, на дисплей 24 выводится соответствующая информация и на этом заканчивается второй этап работы станка.

На третьем этапе работы станка в этом случае микропроцессор 22 вычисляет величины требуемых исправлений, выводит их на дисплей 24 и с помощью блока 23 управления, перемещая суппорт 7 с кольцом 8, включая вращение последнего, осуществляет визуальную индикацию подлежащих исправлению особых (наименших и наивысших) точек заготовки 5, останавливая для этого суппорт 7 и кольцо 8 и опуская элемент 15 на поверхность заготовки 5; эти точки отмечают вручную. Автоматическая визуальная индикация тех же точек осуществляется путем включения через блок 23 краскопультов 30; краска через сопла 31 напыляется на поверхность заготовки в каждой из особых точек; при этом, если несколько краскопультов 30 заряжены красителями разных цветов, разные по характеру требуемого исправления точки отмечаются разными цветами.

После исправления заготовки работа станка с содержанием всех трех этапов по описанному варианту, не требующему исправления заготовки, повторяется.



# Формула изобретения

1. Центровальный станок, предназначенный для зацентровки свободнокованных заготовок крупных валов и включающий установленные на станине регулируемые опоры и центровальные бабки с рабочими инструментами, отличающийся тем, что, с целью расширения технологических возможностей, он снабжен дополнительным суппортом, на котором установлено поворотное приспособление с размещенным на нем датчиком с чувствительным элементом, предназначенным для взаимодействия с заготовкой и установленным с возможностью вращения вокруг заготовки и перемещения вдоль ее образующей, при этом чувствительный элемент выполнен в виде рычага, снабженного приводом его перемещения, предназначенным для подвода рычага к заготовке и отвода к жесткому упору, установленному на поворотном приспособлении, центровальные бабки и суппорт выполнены с возмож-

ностью координатных перемещений и связаны с введенной в станок системой микропроцессорного управления.

2. Станок по п. 1, отличающийся тем, что рычаг выполнен состоящим из двух шарнирно сочлененных подпружиненных частей, с одной из которых скреплен введенный в станок конечный выключатель со шупом, контактирующим с поверхностью второй части рычага.

3. Станок по пп. 1 и 2, отличающийся тем, что, с целью автоматизации визуальной индикации дефектных точек заготовки, на поворотном приспособлении размещен взаимосвязанный с системой микропроцессорного управления по меньшей мере один отметчик, выполненный в виде электроприводного краскопульта.

4. Станок по пп. 1 и 2, отличающийся тем, что, с целью сокращения трудоемкости последующего обтачивания заготовки, на поворотном приспособлении установлены мерные резцовые блоки.





